

PCT/JP 2004/012633

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

03.09.2004

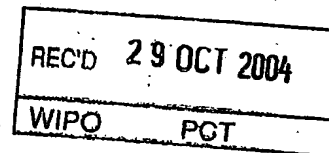
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 9月 1日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-309239
[ST. 10/C]: [JP 2003-309239]

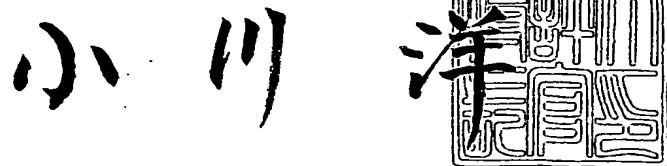
出 願 人
Applicant(s): 三菱住友シリコン株式会社



PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年10月14日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office



出証番号 出証特2004-3092246

【書類名】 特許願
【整理番号】 2003M019
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 21/302
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内
 【氏名】 遠藤 昭彦
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内
 【氏名】 西畑 秀樹
【特許出願人】
 【識別番号】 302006854
 【氏名又は名称】 三菱住友シリコン株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100094215
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 安倍 逸郎
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 037833
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲

【請求項1】

絶縁膜が形成された活性層用ウェーハの所定深さ位置に軽元素をイオン注入し、前記活性層用ウェーハにイオン注入領域を形成するイオン注入工程と、

その後、前記活性層用ウェーハと、絶縁膜が形成された支持基板用ウェーハとを、両絶縁膜同士を重ね合わせて貼り合わせ、貼り合わせウェーハを作製する貼り合わせ工程と、

該貼り合わせウェーハを熱処理し、前記イオン注入領域内に軽元素バブルを形成させ、前記貼り合わせウェーハのイオン注入側を剥離して活性層を形成する剥離工程とを備えた貼り合わせ基板の製造方法。

【請求項2】

前記活性層用ウェーハの絶縁膜の厚さ t_{dox} は、

$$t_{dox} < (1/9) \times t_{soi}$$

t_{soi} = 活性層の厚さ

の式を満足させる請求項1に記載の貼り合わせ基板の製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】貼り合わせ基板の製造方法

【技術分野】

【0001】

この発明は、貼り合わせ基板の製造方法、詳しくは所定深さ位置に水素などがイオン注入された半導体ウェーハを熱処理し、そのイオン注入領域内から半導体ウェーハを剥離する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、SOI (silicon on insulator) 構造を有した半導体基板を製造する方法として、特許文献1に記載されたスマートカット法が開発されている。

これは、酸化膜を形成後、水素（軽元素）を所定深さ位置にイオン注入した活性層用ウェーハと、酸化膜を有しない支持基板用ウェーハとを貼り合わせ、次いで、得られた貼り合わせウェーハを熱処理炉に挿入して熱処理することにより、このイオン注入領域から活性層用ウェーハを剥離して活性層を形成する方法である。

【0003】

【特許文献1】特開平5-211128号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、最近では活性層の厚さが $0.1\mu\text{m}$ 以下の薄膜SOI基板の活性層の厚さについて、デバイスメーカーからウェーハ製造メーカーに高水準の要求がなされている。これは、SOI特性を十分に活用するために、部分空乏型 (Partial Depletion) 構造のデバイスが開発されているためである。具体的には、活性層の厚さは $0.02\sim 0.05\mu\text{m}$ 、活性層の面内膜厚の均一性（活性層全域での厚さのばらつき）は、活性層の厚さを基準として $5\sim 10\%$ である。これらの活性層の膜厚に対する要求は、スマートカット法により製造された貼り合わせ基板に対しても同じである。

【0005】

また、スマートカット法では、活性層用ウェーハに埋め込み酸化膜（埋め込み絶縁膜）を介して水素イオンを注入する。そのため、製造された貼り合わせSOI基板は、活性層と埋め込み酸化膜とに、イオン注入によるダメージ（損傷）がそれぞれ発生していた。

【0006】

この発明は、スマートカット法により製造された貼り合わせ基板において、活性層の面内厚さの均一性（面内膜厚均一性）を高めることができ、しかも軽元素のイオン注入による活性層および埋め込み絶縁膜のダメージを低減することができる貼り合わせ基板の製造方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

請求項1に記載の発明は、絶縁膜が形成された活性層用ウェーハの所定深さ位置に軽元素をイオン注入し、前記活性層用ウェーハにイオン注入領域を形成するイオン注入工程と、その後、前記活性層用ウェーハと、絶縁膜が形成された支持基板用ウェーハとを、両絶縁膜同士を重ね合わせて貼り合わせ、貼り合わせウェーハを作製する貼り合わせ工程と、該貼り合わせウェーハを熱処理し、前記イオン注入領域内に軽元素バブルを形成させ、前記貼り合わせウェーハのイオン注入側を剥離して活性層を形成する剥離工程とを備えた貼り合わせ基板の製造方法である。

【0008】

請求項1の発明によれば、活性層用ウェーハには、製造後の貼り合わせ基板に埋め込まれる埋め込み絶縁膜より薄い絶縁膜が形成される。そのため、イオン注入時、軽元素は薄い絶縁膜を介して活性層用ウェーハにイオン注入される。この結果、活性層の面内厚さの均一性を高めることができる。

【0009】

ところで、活性層の膜厚分布は、埋め込み絶縁膜の膜厚分布と相関関係を有している。以下、これについて、図2および図3を参照して説明する。

すなわち、軽元素は絶縁膜(BOX)を通して活性層用ウェーハの表層にイオン注入される。そのため、絶縁膜の厚さが、軽元素のイオンの注入深さ(Rp)、言い換えれば活性層用ウェーハの剥離深さに影響を与える(図2(a))。その結果、活性層用ウェーハの面内で、絶縁膜が厚い領域では、製造された貼り合わせ基板の活性層が薄くなる。逆に、絶縁膜が厚い領域では、活性層が薄くなる(図2(b))。

【0010】

したがって、活性層用ウェーハの絶縁膜の膜厚均一性を高めることが、活性層の膜厚均一性を高める必須条件となる。しかしながら、埋め込み絶縁膜の膜厚均一性を高めるには限界がある。これは、例えば活性層用ウェーハがシリコンウェーハで、絶縁膜がシリコン酸化膜の場合、酸化膜形成レートのパラメータとして知られる酸素ガスの流れと炉内温度とが、必ずしもウェーハ面内で均一ではないからである。このことは、シリコンウェーハの熱酸化膜形成のために一般的に使われている縦型炉を使用した場合でも同様である。

そこで、発明者らは、活性層用ウェーハの絶縁膜の厚さを、製造後の貼り合わせ基板の埋め込み絶縁膜より薄くすれば、仮に絶縁膜の厚さのばらつきが大きくても、軽元素のイオン注入深さには、さほど影響がないことを知見した(図3(a))。これにより、スマートカット法により得られた貼り合わせ基板において、活性層の面内厚さの均一性を高めることができる(図3(b))。

【0011】

しかも、このように活性層用ウェーハの絶縁膜を薄くすれば、同じイオン注入時の加速電圧を使った場合、軽元素のイオン注入深さが深くなるため、軽元素のイオン注入時の活性層および絶縁膜のダメージを低減することができる。特に、表面に存在する絶縁膜のダメージ低減に効果がある。以下、これについて詳細に説明する。

イオン注入では、軽元素のイオン注入深さの4分の3の位置が、理論上、最大注入ダメージ深さであることが知られている。

絶縁膜がシリコン酸化膜の場合、軽元素がイオン注入された埋め込みシリコン酸化膜は、イオン注入によるダメージから、エッチング時のエッチング速度が熱酸化膜より大きくなることも知られている。この結果は、絶縁層の耐圧性能の劣化を意味する。

【0012】

そこで、発明者らは上記の現象を踏まえ、イオン注入後のシリコン酸化膜、ひいては埋め込みシリコン酸化膜のエッチング速度が、熱酸化膜のエッチング速度と同等になる埋め込みシリコン酸化膜の厚さについて調査した。

その結果、活性層用ウェーハの酸化膜の厚さをtdox、イオン注入深さをRp、活性層の厚さtsoiとすると、次式を満たす条件で、イオン注入されたシリコン酸化膜(埋め込みシリコン酸化膜)のエッチング速度が熱酸化膜のエッチング速度と同等となることを見出した。

$$0.1Rp = 0.1 \times (tdox + tsoi) > tdox \\ tdox < (1/9) \times tsoi$$

【0013】

すなわち、活性層用ウェーハのシリコン酸化膜の厚さが、活性層の厚さの9分の1(約0.11)未満になれば、イオン注入後のシリコン酸化膜のエッチング速度は、熱酸化膜のエッチング速度と同等になる。言い換えれば、シリコン酸化膜を活性層の9分の1まで薄膜化すると、シリコン酸化膜にイオン注入によるダメージがほとんど存在しなくなる。この場合、埋め込みシリコン酸化膜の厚さを、SOI構造における所定のBOX厚さ(総厚)にするためには、支持基板用ウェーハ側にシリコン酸化膜を形成することで対応できる。

【0014】

活性層用ウェーハおよび支持基板用ウェーハの種類としては、例えば単結晶シリコンウ

ウェーハ、ガリウム・ヒ素ウェーハなどを採用することができる。

絶縁膜としては、例えば酸化膜、窒化膜などを採用することができる。

製造後の貼り合わせ基板において、絶縁膜（埋め込み絶縁膜）の総厚は限定されない。

例えば、 $0.1 \sim 0.5 \mu\text{m}$ である。

活性層の厚さは限定されない。例えば、厚膜の活性層では $1 \sim 2 \mu\text{m}$ である。また、薄膜の活性層では $0.01 \sim 1 \mu\text{m}$ である。この発明は、薄膜の活性層を有する貼り合わせ基板に好適である。活性層用ウェーハに形成された絶縁膜の厚さと、支持基板用ウェーハに形成された絶縁膜の厚さの比は限定されない。

【0015】

軽元素としては、例えば、水素（H）の他、希ガスの元素であるヘリウム（He）、ネオン（Ne）、アルゴン（Ar）、クリプトン（Kr）、キセノン（Xe）、ラドン（Rn）などでもよい。これらは単体または化合物でもよい。

イオン注入時の軽元素のドーズ量は限定されない。例えば $2 \times 10^{16} \sim 8 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^2$ である。

軽元素のイオン注入時の加速電圧は、 50 keV 以下、好ましくは 30 keV 以下、さらに好ましくは 20 keV 以下である。軽元素のイオン注入は、低加速電圧ほど目標深さに軽元素を集中させることができ、例えば薄膜SOI作製には有利である。しかしながら、低加速電圧ほどBOX層の注入ダメージが大きくなり、本発明がより有効となる。

【0016】

剥離時の貼り合わせウェーハの加熱温度は 400°C 以上、好ましくは $400 \sim 700^\circ\text{C}$ 、さらに好ましくは $450 \sim 550^\circ\text{C}$ である。 400°C 未満では、活性層用ウェーハにイオン注入された軽元素から軽元素バブルを形成することが難しい。また、 700°C を超えると、活性層内に酸素析出物が形成されてしまいデバイス特性の低下を招くおそれがある。

【0017】

剥離時の貼り合わせウェーハの加熱時間は1分間以上、好ましくは $10 \sim 60$ 分間である。 1 分間未満では、貼り合わせウェーハにイオン注入された軽元素をバブル化することが困難になる。

活性層用ウェーハと支持基板用ウェーハとの貼り合わせは、例えば常温により両ウェーハを重ね合わせ、その後、貼り合わせ熱処理して貼り合わせ強度を高める。その際の加熱温度は 800°C 以上、例えば 1100°C である。貼り合わせ熱処理の時間は、例えば2時間である。熱酸化炉内の雰囲気ガスとしては、窒素などを使用できる。

【0018】

請求項2に記載の発明は、前記活性層用ウェーハの絶縁膜の厚さ t_{dox} は、 $t_{\text{dox}} < (1/9) \times t_{\text{soi}}$ 、 t_{soi} =活性層の厚さ、の式を満足させる請求項1に記載の貼り合わせ基板の製造方法である。

【0019】

活性層用ウェーハの絶縁膜が厚くなるほど、製造された貼り合わせ基板の活性層の厚さのばらつきが大きくなる。剥離後の活性層厚さ（ t_{soi} ）の $1/9$ を活性層用ウェーハの絶縁膜の厚さが超えると、剥離後の活性層の厚さばらつきが 10% を超え、その後の研磨工程でのばらつきを考慮すると、最終製品の活性層のばらつき目標である 10% を達成することは困難となる。また、活性層用ウェーハに絶縁膜が存在しない場合（支持基板用ウェーハにだけ絶縁膜を形成した場合）、活性層と埋め込み絶縁膜との界面が、絶縁膜同士の界面でなくなる。この場合、貼り合わせ界面に汚染等が存在すると、活性層におけるBOX界面近傍の電子移動度の劣化が発生しやすく、安定したSOI特性が得られない。

絶縁膜の好ましい厚さは $0.05 \sim 1.0 \mu\text{m}$ である。 $0.05 \mu\text{m}$ 未満では、絶縁膜が薄すぎてイオン注入後または支持基板用ウェーハとの貼り合わせ前の洗浄時に、活性層用ウェーハの絶縁膜が消失するおそれがある。

【発明の効果】

【0020】

この発明によれば、活性層用ウェーハの絶縁膜の厚さを、貼り合わせ基板の埋め込み絶縁膜より薄くしたので、軽元素のイオン注入時において、仮に絶縁膜の面内膜厚のばらつきが大きくても、スマートカット法で得られた貼り合わせ基板の活性層の面内厚さの均一性を高めることができる。

しかも、活性層用ウェーハの絶縁膜が薄くなることから、イオン注入の深さが相対的に深く、ウェーハ表面近傍に存在する軽元素のイオン注入による埋め込み絶縁膜のダメージを低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、この発明の実施例を図面を参照して説明する。

【実施例1】

【0022】

ボロンが所定量添加されたp型の単結晶シリコンインゴットをCZ法により引き上げる。その後、単結晶シリコンインゴットに、ブロック切断、スライス、面取り、鏡面研磨などを施す。これにより、厚さ725 μ m、直径200mm、比抵抗10~20 Ω cm、p型の鏡面仕上げされた活性層用ウェーハ10と、支持基板用ウェーハ20とが得られる(図1(a)、図1(b))。

その後、両ウェーハ10、20に酸素ガス雰囲気中で熱酸化処理を施し、両ウェーハ10、20の露出面の全域に、シリコン酸化膜10a、20aをそれぞれ形成する(図1(c)、(d))。熱酸化処理条件は、例えば後述の表1に示す試験例1の場合、活性層用ウェーハ10が700℃、20時間、支持基板用ウェーハ20が1000℃、6時間である。シリコン酸化膜10aの厚さは0.01 μ m(活性層10Aの厚さの約2%に該当)、シリコン酸化膜20aの厚さは0.14 μ mである。両シリコン酸化膜10a、20aの厚さは、酸化温度および処理時間によって変更される。

【0023】

次に、活性層用ウェーハ10の鏡面仕上げされた表面から所定深さ位置に、中電流イオン注入装置を使用し、50keVの加速電圧で水素イオンを注入する。これにより、水素イオン注入領域10bが形成される(図1(e))。その際のドーズ量は、 5×10^{16} atoms/cm²、イオン注入深さ(Rp)は約0.5 μ mである。

【0024】

続いて、活性層用ウェーハ10の表面と支持基板用ウェーハ20の鏡面とを貼り合わせ面(重ね合わせ面)とし、シリコン酸化膜10a、20aを介して、例えば真空装置内で公知の治具により、両ウェーハ10、20を貼る。これにより、貼り合わせウェーハ30が形成される(図1(f))。このとき、活性層用ウェーハ10と支持基板用ウェーハ20との間でシリコン酸化膜10a、20aが接合し、埋め込みシリコン酸化膜30aとなる。

【0025】

それから、貼り合わせウェーハ30を図示しない剥離熱処理装置に挿入し、500℃の炉内温度、N₂ガス(アルゴンガスまたは酸素ガスでもよい)の雰囲気中で、貼り合わせウェーハ30を熱処理する(図1(g))。熱処理時間は30分間である。これにより、支持基板用ウェーハ20の貼り合わせ界面側に活性層10Aを残し、活性層用ウェーハ10を水素イオン注入領域10bから剥離する低温熱処理が施される。剥離された活性層用ウェーハ10は、その後、表面を再研磨して支持基板用ウェーハ20または活性層用ウェーハ10として再利用することもできる。

【0026】

剥離後、1100℃、2時間の熱処理を行う。その結果、活性層10Aと支持基板用ウェーハ20との貼り合わせ強度が増強される(図1(h))。

そして、SOI構造の貼り合わせウェーハ30は、活性層10Aの外周部に残ったシリコン酸化膜10aと、支持基板用ウェーハ20のシリコン酸化膜20aとが、50重量%のHF溶液(室温)により、1分間、HFエッチングされる。その後、活性層10Aの表

面が研磨装置により研磨される。こうして、スマートカット法による貼り合わせSOI基板が作製される(図1(i))。

【0027】

このように、活性層用ウェーハ10のシリコン酸化膜10aの厚さを、貼り合わせウェーハ30の埋め込みシリコン酸化膜30aより薄くしたので、水素イオン注入時において、仮にシリコン酸化膜10aの面内膜厚のばらつきが大きくても、活性層10Aの面内厚さの均一性を高めることができる。

しかも、シリコン酸化膜10aが薄くなることから、水素イオンの注入深さが相対的に深くなり、このイオン注入による埋め込みシリコン酸化膜30aのダメージを低減することができる。

【0028】

ここで、実際に本発明法および従来法について、剥離後の活性層の膜厚の均一性と、埋め込みシリコン酸化膜のエッチングレートとを比較調査した結果を報告する。

活性層の膜厚の均一性はエリプソメータにより測定した。また、埋め込みシリコン酸化膜(活性層用ウェーハ側のシリコン酸化膜+支持基板用ウェーハ側のシリコン酸化膜)のエッチングレートは、1重量%のHF溶液を使用し、20℃、1分間のエッチングしたときのエッチングレートである。その結果を表1に示す。

【0029】

【表1】

	活性層基板のBOX厚さ(μm)	支持基板のBOX厚さ(μm)	tdox/tsoi	剥離後の活性層均一性	BOX層のエッチングレート (熱酸化膜レートを1として規格化)
				$\frac{\text{剥離後の活性層range}}{\text{剥離後のSOI厚さ}} \times 100(\%)$	
試験例1	0.01	0.14	0.03	4	1.02
試験例2	0.03	0.12	0.10	7	1.05
試験例3	0.05	0.10	0.16	12	1.11
試験例4	0.07	0.08	0.23	17	1.13
比較例1	0.15	0	0.5	21	1.16

BOX: 埋め込みシリコン酸化膜、tdox: 活性層用ウェーハの酸化膜の厚さ、

tsoi: 活性層の厚さ

【0030】

表1から明らかなように、試験例1～試験例4は、いずれも剥離後の活性層の膜厚の均一性が比較例1に比べて改善された。しかも、埋め込みシリコン酸化膜のエッチングレートも、比較例1に比べて熱酸化膜のエッチングレートに近い数値であった。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】この発明の実施例1に係る貼り合わせ基板の製造方法を示すフローシートである。

【図2】(a)従来手段に係る埋め込み絶縁膜の膜厚均一性と活性層の膜厚均一性との相関関係を示す活性層用ウェーハの断面図である。(b)従来手段に係る埋め込み絶縁膜の膜厚均一性と活性層の膜厚均一性との相関関係を示す貼り合わせ基板の断面図である。

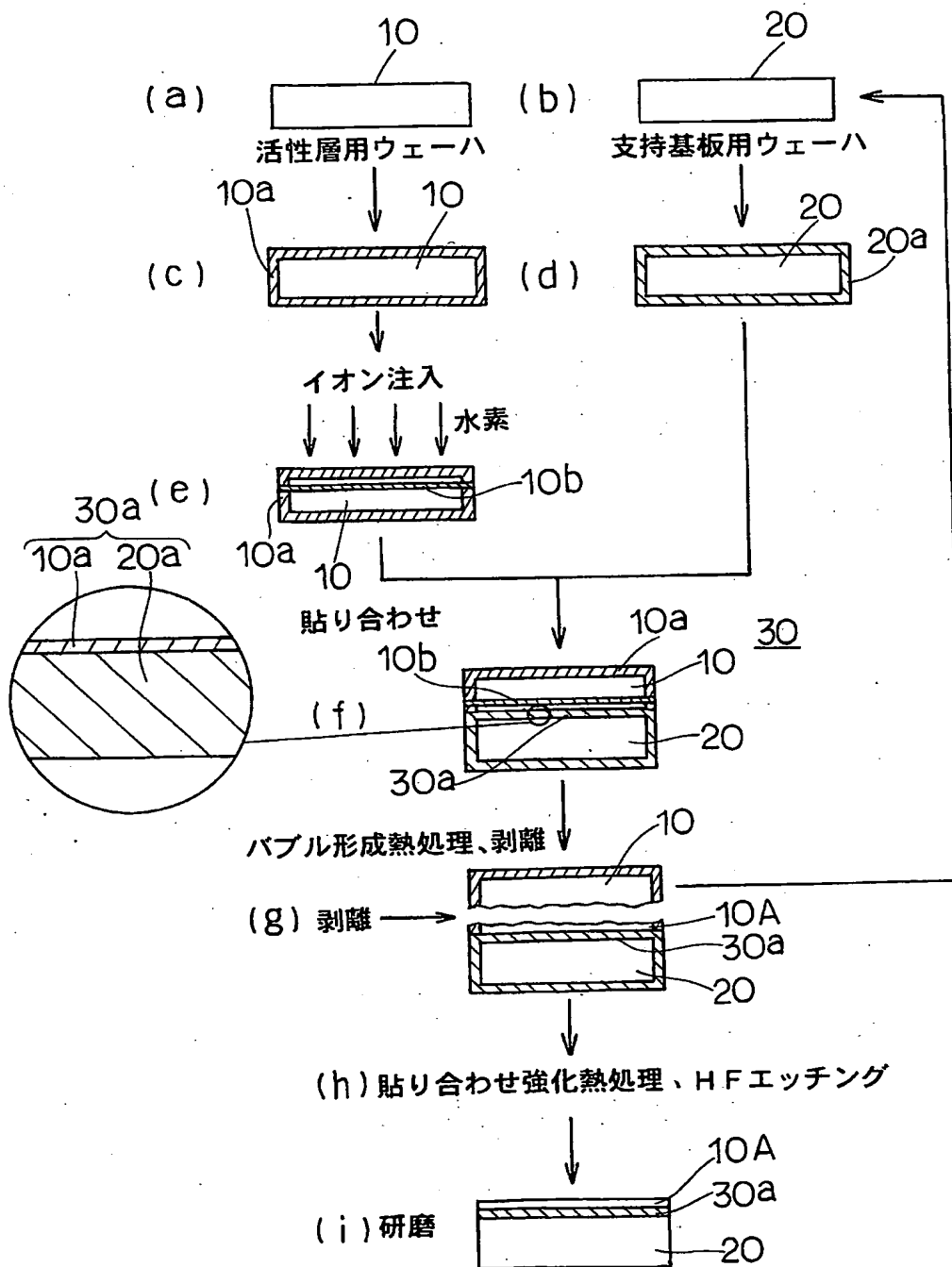
【図3】(a)この発明に係る埋め込み絶縁膜の膜厚均一性と活性層の膜厚均一性との相関関係を示す活性層用ウェーハの断面図である。(b)この発明に係る埋め込み絶縁膜の膜厚均一性と活性層の膜厚均一性との相関関係を示す貼り合わせ基板の断面図である。

【符号の説明】

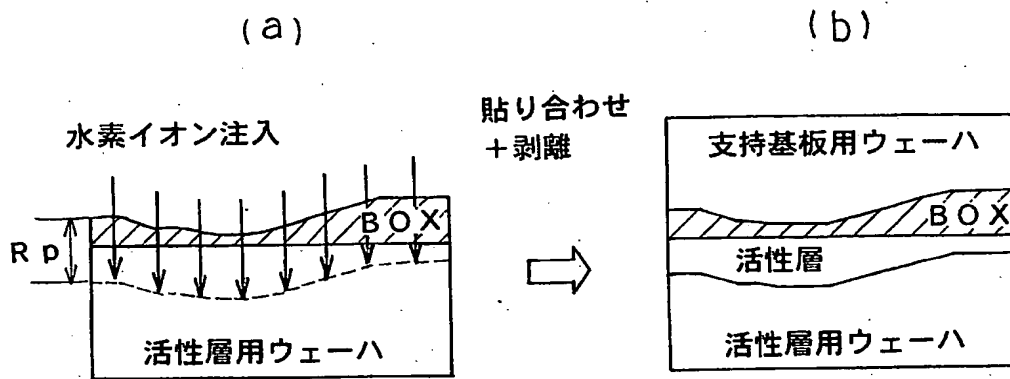
【0032】

- 10 活性層用ウェーハ、
- 10A 活性層、
- 10a, 20a シリコン酸化膜（絶縁膜）、
- 10b 水素イオン注入領域（イオン注入領域）、
- 20 支持基板用ウェーハ、
- 30 貼り合わせウェーハ、
- 30a 埋め込みシリコン酸化膜（絶縁膜）。

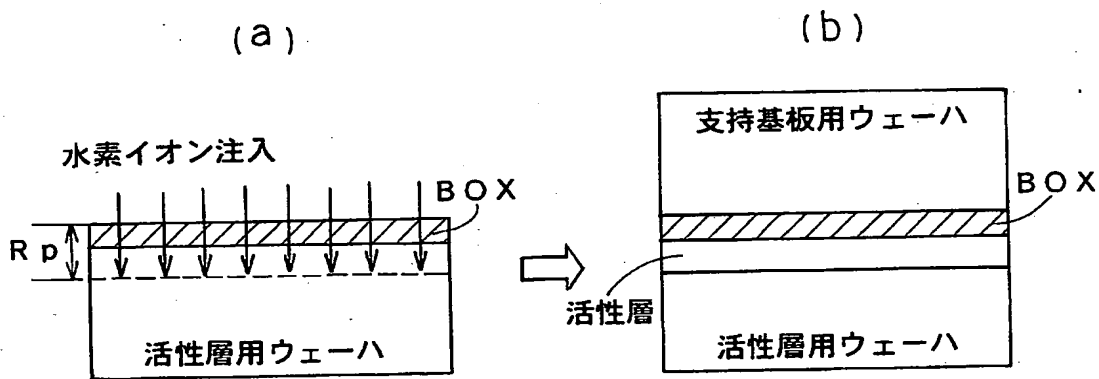
【書類名】図面
【図1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】

スマートカット基板において活性層の膜厚均一性が高まり、イオン注入による活性層と埋め込み絶縁膜のダメージ低減を図る貼り合わせ基板の製造方法を提供する。

【解決手段】

活性層用ウェーハ10のシリコン酸化膜10aの厚さを、埋め込みシリコン酸化膜30aより薄くした。よってイオン注入時、シリコン酸化膜10Aの面内膜厚のばらつきが大きくても、貼り合わせウェーハ30の活性層10Aの膜厚均一性が高まる。しかも、シリコン酸化膜10aが薄くイオン注入深さが相対的に深くなるので、イオン注入による活性層10Aと埋め込みシリコン酸化膜30aのダメージを低減できる。

【選択図】図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-309239
受付番号	50301449094
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成15年 9月 2日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成15年 9月 1日

特願 2003-309239

出願人履歴情報

識別番号

[302006854]

1. 変更年月日
[変更理由]

住所
氏名

2002年 1月31日

新規登録

東京都港区芝浦一丁目2番1号

三菱住友シリコン株式会社